

2.2. Технологические размерные цепи и технологические размерные расчеты

Основные понятия и определения

Размерная цепь – это совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Размеры, входящие в размерную цепь называют **звеньями**. Звеном могут быть линейные или угловые размеры деталей или узлов, припуски, операционные размеры, зазоры, натяги и другие размерные параметры. В каждой размерной цепи различают:

Замыкающее звено – это звено, задаваемое первым или определяемое последним, параметры которого полностью определяются параметрами составляющих звеньев.

Составляющее звено – это звено размерной цепи, параметры которого не зависят от других звеньев, а изменение параметров этого звена вызывает изменение замыкающего звена.

Составляющие звенья классифицируют на:

увеличивающие, это звенья, с параметрами которого замыкающее звено находится в прямой зависимости, то есть с увеличением увеличивающего звена замыкающее звено увеличивается, а с уменьшением – уменьшается.

уменьшающие, это звенья, с параметрами которого замыкающее звено находится в обратной связи, то есть с увеличением уменьшающего звена замыкающее звено уменьшается, а с уменьшением – увеличивается.

Согласующее звено – это одно из составляющих звеньев размерной цепи, размерами которого управляют для достижения требуемой точности замыкающего звена.

Классификация размерных цепей:

По расположению в пространстве:

пространственные размерные цепи;
плоские;
угловые;
линейные.

По назначению:

конструкторские;
измерительные;
технологические.

Замыкающим звеном

размерной цепи может быть:

- зазор (натяг) в соединении;
- биение, соосность и другие сборочные параметры;
- припуск, глубина термоупрочненного слоя и другие технологические параметры;
- операционный размер при несовмещении исходных и установочных баз;
- размер, заданный конструктором, но непосредственно при обработке невыдерживаемый.

Методы и способы решения технологических размерных цепей

Метод максимума и минимума, когда расчет цепей ведут по крайним предельным значениям без учета вероятностного сочетания размеров звеньев.

При этом методе допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев

$$T_{\Sigma} = \sum^{m+n} \xi_i T_i$$

ξ_i - коэффициент, учитывающий степень влияния i -го звена на замыкающее звено.
 T_i - допуски составляющих звеньев.

m – количество увеличивающих, n - уменьшающих звеньев.

Для линейных размерных цепей (плоских цепей с параллельными звеньями)

Тогда

$$T_{\Sigma} = \sum^{m+n} T_i$$

Способ отклонений

При этом способе рассчитывают:

1. Номинальное значение

замыкающего звена

$\overline{A}_i, \underline{A}_i$ - увеличивающие
и уменьшающие звенья

$$A_{\Sigma} = \sum^m \overline{A}_i - \sum^n \underline{A}_i$$

2. Верхнее отклонение

замыкающего звена:

$$ES_{\Sigma} = \sum^m \overline{ES}_i - \sum^n \underline{EI}_i$$

3. Нижнее отклонение

замыкающего звена:

$$EI_{\Sigma} = \sum^m \underline{EI}_i - \sum^n \overline{ES}_i$$

Здесь \overline{ES}_i - верхние отклонения увеличивающих и \underline{EI}_i нижние отклонения уменьшающих звеньев

Способ предельных значений

При этом способе рассчитывают:

Максимальное значение
составляющего звена:

$$A_{i \max} = A_i + ES_i$$

Минимальное значение
составляющего звена:

$$A_{i \min} = A_i + EI_i$$

Максимальное значение
закрывающего звена:

$$A_{\Sigma \max} = \sum^m \boxtimes A_{i \max} - \sum^n \boxtimes A_{i \min}$$

Минимальное значение
закрывающего звена:

$$A_{\Sigma \min} = \sum^m \boxtimes A_{i \min} - \sum^n \boxtimes A_{i \max}$$

Способ средних значений

При этом способе рассчитывают:

Среднее значение

составляющего звена:

$$A_{i\text{ср}} = A_i + \frac{ES_i + EI_i}{2}$$

Среднее значение

замыкающего звена:

$$A_{\Sigma\text{ср}} = \sum^m \boxtimes A_{i\text{ср}} - \sum^n \boxtimes A_{i\text{ср}}$$

Предельные значения

замыкающего звена:

$$A_{\Sigma\text{max(min)}} = A_{\Sigma\text{ср}} \pm \frac{T_{\Sigma}}{2}$$

Способ координат средин полей допусков

При этом способе рассчитывают:

Координату середины поля
допуска составляющего звена:

$$K_{icp} = \frac{ES_i + EI_i}{2}$$

Номинальное значение
закрывающего звена

$$A_{\Sigma} = \sum^m \boxed{A_i} - \sum^n \boxed{A_i}$$

Координату середины поля
допуска закрывающего звена:

$$K_{\Sigma cp} = \sum^m \boxed{K_{icp}} - \sum^n \boxed{K_{icp}}$$

Предельные значения
закрывающего звена:

$$A_{\Sigma \max(\min)} = A_{\Sigma} + K_{\Sigma cp} \pm \frac{T_{\Sigma}}{2}$$

Вероятностный метод расчета размерных цепей,

когда цепь решается с учетом вероятностных законов сочетания размеров составляющих звеньев.

Допуск замыкающего звена при расчете вероятностным методом

$$T_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{\sum^{m+n} K_i^2 \xi_i^2 T_i^2}$$

где K_i, K_{Σ} - коэффициенты, определяющие степень отличия закона распределения размеров составляющих и замыкающего звеньев

ξ_i от закона Гаусса.
- коэффициент, учитывающий степень влияния i -го звена на замыкающее звено.
 T_i - допуски составляющих звеньев.

m – количество увеличивающих, n - уменьшающих звеньев.

Выбор метода решения технологических размерных цепей

Метод максимума-минимума рекомендуется выбирать в случаях, когда:

- необходимо исключить даже малую вероятность выхода за пределы поля допуска замыкающего звена;
- полученный при расчете запас точности невелик (например, при расчете трехзвенных размерных цепей);
- полученный при расчете запас точности практически не увеличивает затрат на обеспечение точности составляющих звеньев.

Преимуществом метода является его простота, наглядность, полная гарантия от брака по точности замыкающего звена.

Вероятностный метод рекомендуется выбирать в случаях, когда:

- применение метода максимума-минимума обуславливает завышенные, экономически нецелесообразные требования к точности изготовления составляющих звеньев.
- рассчитываются многозвенные размерные цепи и риск выхода за пределы поля допуска замыкающего звена близок к нулю;
- допускается определенный процент риска выхода замыкающего звена за пределы поля допуска.

Преимуществом метода является возможность получения составляющих звеньев (деталей) с менее жесткими допусками.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗМЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ

Замыкающее звено – припуск

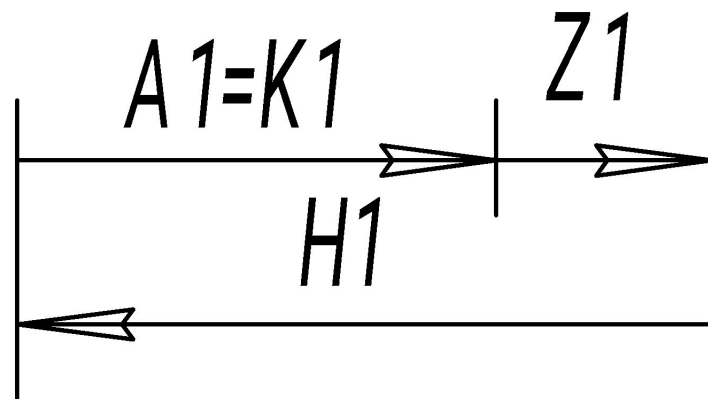
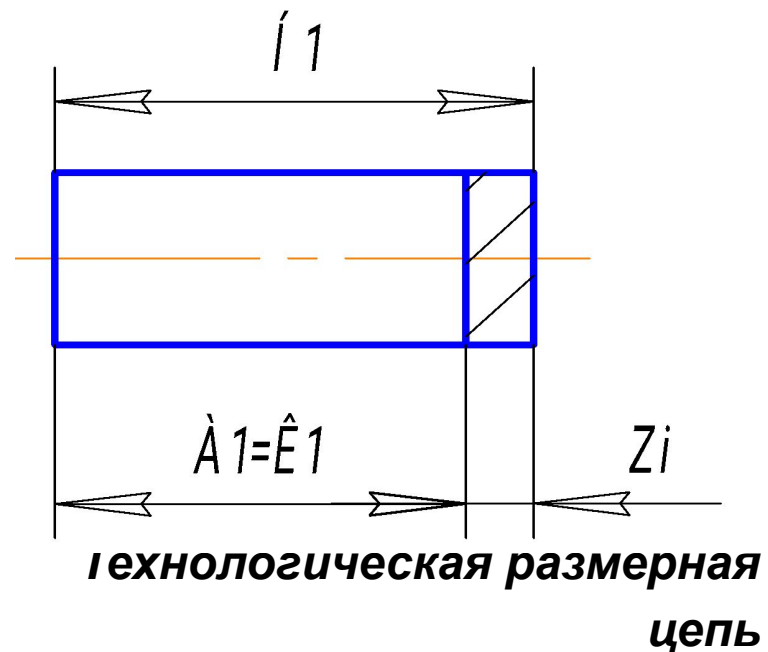
Эскиз совмещенных переходов

Дано: а) рабочий чертеж детали с размерами $K1=120-0,46$. б) фрагмент технологического процесса: Оп. 005. Заготовительная IT15; Оп.010. токарная черновая IT12; Оп.015. контрольная.

Найти: Припуск $Z1$; Начальный размер заготовки $H1$.

Решение:

I этап: составляем эскиз совмещенных переходов.
II этап: выявляем размерную цепь.
В этой цепи из трех звеньев известно одно (размер $K1$, заданный конструктором). Замыкающим звеном является припуск $Z1$.



Межрегиональный отраслевой ресурсный центр КНИТУ-КАИ

Размерную цепь решаем методом max-min, способом предельных значений, так как второе звено $Z_{1\min}$ можно найти помимо этой цепи в технологических таблицах или по формуле

Запишем уравнение минимального значения замыкающего звена

$$Z_{i\min} = Ra_{i-1} + T_{\Pi i-1} + \Delta\Phi_{i-1} + \varepsilon_{\Sigma i-1/i}$$

Из таблицы $\rightarrow Z_{1\min}=1,2$ мм, тогда

$$Z_{1\min} = H_{1\min} - A_{1\max}$$

Смотрим таблицу допусков в диапазоне размеров $\rightarrow 100 \dots 150$ по 15 качеству IT15

$$H_{1\min} = Z_{1\min} + A_{1\max} = 121,2 \text{ мм}$$

$$T_{121,2}^{IT15} = 1,5 \text{ мм} \Rightarrow H_{1\max} = 122,7 \text{ мм}$$

Используя схему задания допуска в тело, получим: $H1=122,7_{-1,5}$

По справочнику округляем полученное значение H_1 до ближайшего по ряду предпочтительного окончания размеров в сторону увеличения припуска. Тогда

$$H_1 = 122,8_{-1,5}$$

при этом допуск не меняется.

Определяем фактическое значение $Z_{1\min}$ и $Z_{1\max}$:

$$Z_{1\min \text{ факт}} = 121,3 - 120 = 1,3 \text{ мм}$$

$$Z_{1\max \text{ факт}} = 122,8 - 119,54 = 3,26 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{ср}} = \frac{1,3 + 3,26}{2} = 2,28 \text{ мм}$$

Замыкающее звено – глубина термоупрочненного слоя

Дано: рабочий чертеж $K1 = 20_{-0,021}$ и глубиной термоупрочненного слоя $h = 1 \pm 0,2$; фрагмент технологического процесса: Оп. 045. Шлифовальная IT7; Оп.050. Насыщение углеродом на глубину h_H ; Оп. 055. Термическая (закалка + отпуск); Оп.060. Шлифовальная IT6; Оп. 065. Контрольная.

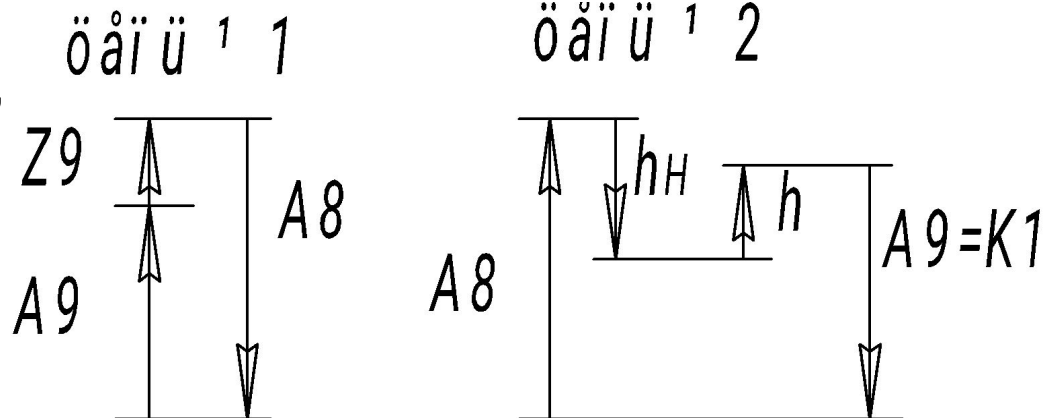
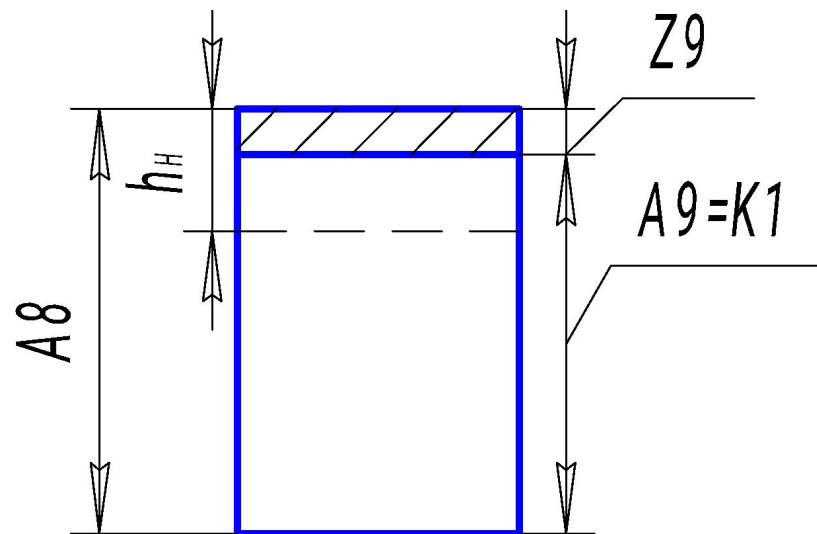
Найти: Операционные размеры из условия обеспечения глубины термоупрочненного слоя.

Решение:

1 этап: составляем **эскиз совмещенных переходов**;

2 этап: выявляем и решаем **размерные цепи**.

Решая цепь №1 по методике, аналогичной предыдущей задаче, находим операционный размер $A8 = 20,2 - 0,03$



В цепи №2 известны заданная конструктором **глубина термоупрочненного слоя $h = 1 \pm 0,2$** и операционный размер $A9 = K1 = 20_{-0,021}$. **Из цепи №1 нашли операционный размер $A8 = 20,2 - 0,03$**

Найти **глубину насыщения углеродом h_H** .

Решаем способом координат середин полей допусков.

$$T_{\Sigma} = \sum^{m+n} T_i$$

$$A_{\Sigma} = \sum \overset{\sphericalangle}{A} - \sum \overset{\sphericalangle}{A} \quad h = (h_H + A9) - A8$$

$$1 = (h_H + 20) - 20,2 \Rightarrow h_H = 1,2$$

$$0,4 = T_{h_H} + 0,03 + 0,021 \Rightarrow T_{h_H} = 0,349$$

$$K_{\Sigma} = \sum \overset{\sphericalangle}{K}_i - \sum \overset{\sphericalangle}{K}_i \quad 0 = K_{h_H} + (-0,0105) - (-0,015)$$

Отсюда координата середины

поля допуска

$$K_{h_H} = -0,0045$$

- предельные отклонения искомого звена определяют через координаты средин полей допусков и половину допуска:

$$BO_i = K_{icp} + \frac{T_i}{2} \quad HO_i = K_{icp} - \frac{T_i}{2} \quad \frac{T_{h_H}}{2} = \frac{0,349}{2} = 0,1745$$

$$BO_{h_H} = -0,0045 + 0,1745 = 0,17$$

$$HO_{h_H} = -0,0045 - 0,1745 = -0,179$$

округляем в меньшую сторону

$$h_{H \max} = 1,2 + 0,17 = 1,37 \rightarrow 1,35$$

округляем в большую сторону

$$h_{H \min} = 1,2 - 0,179 = 1,027 \Rightarrow 1,05$$

Принятая форма записи

$$h_H = 1,05 \div 1,35$$